

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

(図1)

PUBLICATION NUMBER : 2002202024
PUBLICATION DATE : 19-07-02

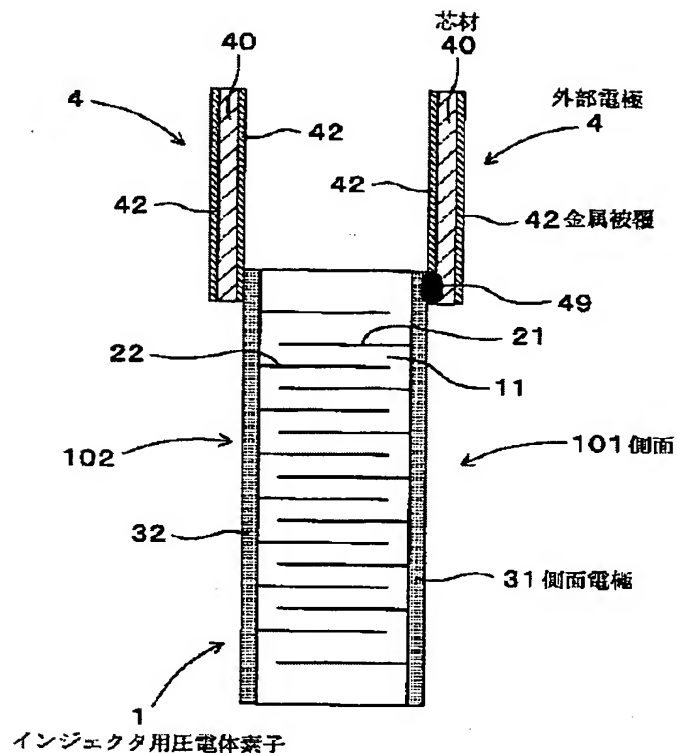
APPLICATION DATE : 28-12-00
APPLICATION NUMBER : 2000400203

APPLICANT : DENSO CORP;

INVENTOR : KAWAZOE NAOYUKI;

INT.CL. : F02M 51/06 H01L 41/083

TITLE : PIEZOELECTRIC ELEMENT FOR INJECTOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a piezoelectric element for an injector having small consumption of energy and high-speed responsiveness.

SOLUTION: This stack type piezoelectric element 1 is housed in an injector, Side electrodes 31, 32 are disposed on the side of the piezoelectric element 1. External electrodes 4 for electric conducting with the outside are disposed on the side electrodes 31, 32. The external electrodes 4 are formed by a core material 40 and a metallic coating 42 covering at least a part of the material 40, and joined to the side electrodes 31, 32. The electric specific resistance of the core material 40 is above 5×10^{-6} ($\Omega \cdot \text{cm}$) and the electric specific resistance of the metallic coating 42 is below the half of that of the core material 40.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

B-17

(43)公開日 平成14年7月19日(2002.7.19)

テ-マ-コ-ト* (参考)

N 3 G 0 6 6

R

S

U

Q

H O 1 L 41/08

審査請求 未請求 請求項の数8 O.L (全 10 頁)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(22) 出願日 平成12年12月28日 (2000. 12. 28)

(72)発明者 川添 尚幸

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74) 代理人 100079142

弁理士 高橋 祥泰 (外1名)

Fターム(参考) 3G066 AB02 AC09 AD07 BA19 CC01

0005U CC14 CE27 CE30

CE31

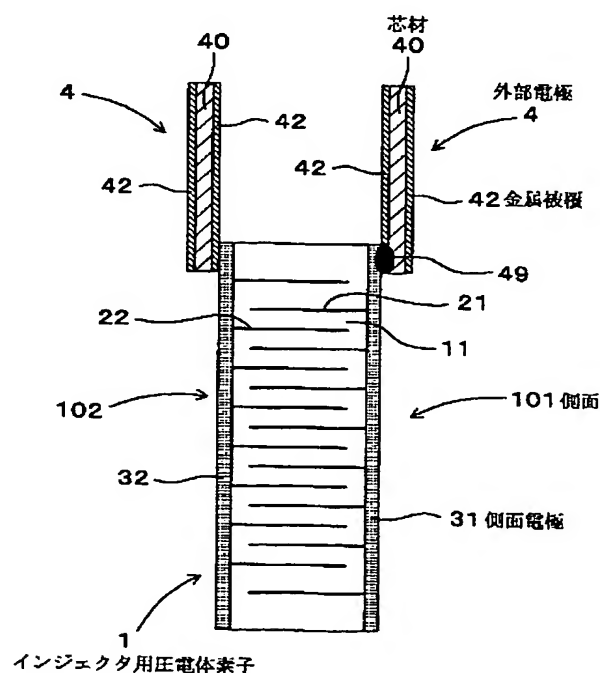
(54) 【発明の名称】 インジェクタ用圧電体素子

(57) 【要約】

【課題】 消費エネルギーが小さく、高速応答が可能なインジェクタ用圧電体素子を提供すること。

【解決手段】 インジェクタに内蔵される積層型の圧電体素子１であって、圧電体素子１の側面には側面電極３１，３２が配設されている。側面電極３１，３２には外部との電気的な導通を図る外部電極４が配設されている。外部電極４は、芯材４０とその少なくとも一部を被覆する金属被覆４２とよりなると共に少なくとも側面電極３１，３２に接合されている。芯材４０の電気的比抵抗は $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ 以上、金属被覆４２の電気的比抵抗は芯材４０の $1/2$ 以下である。

(圖 1)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 インジェクタに内蔵される積層型の圧電体素子であって、該圧電体素子の側面には側面電極が配設され、該側面電極には外部との電氣的な導通を図る外部電極が配設されており、該外部電極は、芯材とその少なくとも一部を被覆する金属被覆とよりなると共に少なくとも上記側面電極の一部に接合されており、かつ、上記芯材の電氣的比抵抗は $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ 以上、上記金属被覆の電氣的比抵抗は上記芯材の $1/2$ 以下であることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【請求項2】 請求項1において、上記芯材は引張強さが500MPa以上の金属材料であることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【請求項3】 請求項1又は2において、上記芯材は、SUS、ベリリウム銅、リン青銅、洋白のいずれかであることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項において、上記金属被覆は、銀、金、銅のいずれかであることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項において、上記金属被覆は、上記芯材の表面積の30%以上を覆うよう配設されていることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項において、上記芯材と上記金属被覆との間には、これらの密着性を向上させるための下地材を介在させていることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか1項において、上記側面電極は銀を含有する導電性接着剤からなり、少なくとも上記外部電極における上記導電性接着剤との接合面には上記金属被覆が配設されていることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【請求項8】 請求項1～6のいずれか1項において、上記側面電極と上記外部電極とは銀を含有する導電性接着剤で接合されており、少なくとも上記外部電極における上記導電性接着剤との接合面には、上記金属被覆が配設されていることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、インジェクタの駆動源として用いられる圧電体素子に関する。

【0002】

【従来技術】自動車の内燃機関等のインジェクタ（燃料噴射装置）は、例えば、高圧燃料を蓄積したコモンレールに接続された3方弁又は2方弁の弁体を動かすことにより、燃料通路の開閉状態を切り替えてノズルニードルに付与される圧力状態を変化させ、ノズルニードルを開弁状態にすることにより燃料を噴射するよう構成されている。

【0003】そして、上記弁体を動かす駆動源としては、電磁弁等が一般的に使用されている。これに対し、上記駆動源をきめ細かく制御して燃料噴射状態の精密な制御を行うことを目的に、上記駆動源として積層型の圧電体素子を使用しようとする試みがなされてきた。

【0004】

【解決しようとする課題】しかしながら、圧電体素子を駆動源に用いたインジェクタは、未だ実用化には至っていない。即ち、インジェクタ用の圧電体素子に対しては、弁を高速で開閉させるために、非常に高い高速応答性が要求される。そのためインジェクタ用圧電体素子には、短時間で充放電が繰り返され、大電流が流れる。それ故、従来から知られている圧電体素子では、消費エネルギーが大きく、制御回路に負担を与えるので、回路構成が大きくなってしまう。

【0005】本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、消費エネルギーが小さく、高速応答が可能なインジェクタ用圧電体素子を提供しようとするものである。

【0006】

【課題の解決手段】請求項1の発明は、インジェクタに内蔵される積層型の圧電体素子であって、該圧電体素子の側面には側面電極が配設され、該側面電極には外部との電氣的な導通を図る外部電極が配設されており、該外部電極は、芯材とその少なくとも一部を被覆する金属被覆とよりなると共に少なくとも上記側面電極の一部に接合されており、かつ、上記芯材の電氣的比抵抗は $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ 以上、上記金属被覆の電氣的比抵抗は上記芯材の $1/2$ 以下であることを特徴とするインジェクタ用圧電体素子にある。

【0007】次に、本発明の作用効果につき説明する。本発明においては、上記外部電極が上記芯材と上記金属被覆とよりなると共に、これらの電氣的比抵抗が上記特定の値にある。上記芯材の電氣的比抵抗が $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ 未満の場合には、上記金属被覆を設けることなく十分な電気伝導性を確保することができる。これに対し、本発明のように上記芯材の電氣的比抵抗が $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ 以上の場合には、十分な電気伝導性が得られない。この場合には、圧電体素子への通電時の消費エネルギーが非常に大きくなる。

【0008】ここで、本発明においては、上記外部電極の構成を、上記のごとく芯材の少なくとも一部を上記金属被覆により被覆した構成とする。そして、この金属被覆の電氣的抵抗は上記芯材の $1/2$ 以下である。例えば芯材として電氣的比抵抗が $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ のものを選択した場合には、上記金属被覆の電氣的比抵抗は $2.5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ 以下とする。

【0009】これにより、上記金属被覆が上記芯材の電氣的伝導性を補うので、外部電極全体の電氣的伝導性が大幅に向上する。そのため、外部電極の電気抵抗によっ

て消費されるエネルギーを低減させることができ、圧電体素子全体の消費エネルギーを抑えることができる。そして、ひいては、上記圧電体素子を制御する制御回路の負担が小さくなり、回路構成も小さくすることができる。

【0010】したがって、本発明によれば、消費エネルギーが小さく、高速応答が可能なインジェクタ用圧電体素子を提供することができる。

【0011】次に、請求項2の発明のように、上記芯材は引張強さが500MPa以上の金属材料であることが好ましい。即ち、上記芯材としては、圧電体素子の伸縮に追従するように、ある程度のばね性、即ちある程度高い弾性限を有する金属材料を用いることが好ましい。そして、この場合に引張強さが500MPa未満の場合には、上記圧電体素子の伸縮に追従する際の耐久性が低くなるおそれがある。

【0012】また、請求項3の発明のように、上記芯材は、SUS、ベリリウム銅、リン青銅、洋白のいずれかであることが好ましい。この場合には、十分なばね性を有する芯材を得ることができ、外部電極全体の耐久性を向上させることができる。

【0013】また、請求項4の発明のように、上記金属被覆は、銀、金、銅のいずれかであることが好ましい。この場合には、上記金属被覆の電気的比抵抗を非常に小さくすることができ、外部電極全体の電気伝導性をより一層向上させることができる。

【0014】また、請求項5の発明のように、上記金属被覆は、上記芯材の表面積の30%以上を覆うよう配設されていることが好ましい。上記金属被覆の被覆割合が上記芯材の表面積の30%未満の場合には、金属被覆による外部電極全体の電気抵抗低減効果が小さすぎるという問題がある。

【0015】また、請求項6の発明のように、上記芯材と上記金属被覆との間には、これらの密着性を向上させるための下地材を介在させていることが好ましい。これにより、上記芯材と上記金属被覆の密着力を向上させることができる。この下地材としては、例えばNiメッキ等を適用することができる。

【0016】また、請求項7の発明のように、上記側面電極は銀を含有する導電性接着剤からなり、少なくとも上記外部電極における上記導電性接着剤との接合面には上記金属被覆が配設されている構造をとることができる。また、請求項8の発明のように、上記側面電極と上記外部電極とは、銀を含有する導電性接着剤で接合されており、少なくとも上記外部電極における上記導電性接着剤との接合面には上記金属被覆が配設されている構造をとることもできる。これらの場合には、いずれも、上記外部電極と上記導電性接着剤との界面での経時劣化による電気抵抗（界面抵抗）の増大を抑制することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】実施形態例1

本発明の実施形態例にかかるインジェクタ用圧電体素子につき、図1～図4を用いて説明する。本例のインジェクタ用圧電体素子1は、図1、図4に示すごとく、インジェクタ5に内蔵される積層型の圧電体素子である。圧電体素子1の側面101、102には側面電極31、32がそれぞれ配設され、該側面電極31、32には外部との電気的な導通を図る外部電極4が配設されている。ここで、上記側面101、102は、圧電体素子1の伸縮方向と略平行な面である。

【0018】外部電極4は、芯材40とその少なくとも一部を被覆する金属被覆42とよりなると共に少なくとも上記側面電極31、32にの一部に接合されている。そして、上記芯材40の電気的比抵抗は $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ 以上であり、金属被覆42の電気的比抵抗は上記芯材の $1/2$ 以下である。以下、これを詳説する。

【0019】圧電体素子1は、図2、図3に示すごとく、圧電層11の層間に内部電極層21、22を交互に正負となるように形成してなる。同図に示すごとく、一方の内部電極層21は一方の側面101に露出するように配設され、他方の内部電極層22は他方の側面102に露出するように配設されている。そして、圧電体素子1の側面101、102には、露出した内部電極層21、22の端部を導通させるように焼きつけ銀よりなる側面電極31、32をそれぞれ形成した。側面電極31、32を構成する焼きつけ銀は、後述するごとくAgペーストを焼きつけることにより作製した電極でAg（97%）とガラスフリット成分（3%）という組成である。

【0020】そして、図1に示すごとく、上記側面電極31、32上に上記外部電極4を半田49により半田付けして接合した。本例の外部電極4は、同図に示すごとく、芯材40の両面に金属被覆42を被覆したものである。芯材40としてはSUS304よりなる厚さ0.05mm、幅2mm、長さ20mmの箔を用いた。また金属被覆42としては銀を用いた。上記芯材40の電気的比抵抗値は、 $7.2 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ であり、一方、金属被覆42の電気的比抵抗は $1.6 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ である。本例では、芯材40の表裏面には下地材としてNiメッキを施し、さらにその上に金属被覆42としての銀となる半光沢銀メッキを約5 μm の厚みで施した。なお、金属被覆42は、芯材40の表面のほぼ全面を覆っている。

【0021】また、圧電体素子1においては、図2に示すごとく、積層方向の中央部分を駆動部111、これを挟持するように配置された部分をバッファ部112、さらにこのバッファ部112を挟持するように配置された部分をダミー部113とした。

【0022】この圧電体素子1の製造方法と詳細構造に

について説明する。本例の圧電体素子1は広く用いられているグリーンシート法を用いて製造することができる。グリーンシートは、公知の方法により圧電材料の主原料となる酸化鉛、酸化ジルコニウム、酸化チタン、酸化ニオブ、炭酸ストロンチウム等の粉末を所望の組成となるように秤量する。また、鉛の蒸発を考慮して、上記混合比組成の化学量論比よりも1～2%リッチになるように調合する。これを混合機にて乾式混合し、その後800～950℃で仮焼する。

【0023】次いで、仮焼粉に純水、分散剤を加えてスラリーとし、パールミルにより湿式粉碎する。この粉砕物を乾燥、粉脱脂した後、溶剤、バインダー、可塑剤、分散剤等を加えてボールミルにより混合する。その後、このスラリーを真空装置内で攪拌機により攪拌しながら真空脱泡、粘度調整をする。

【0024】次いで、スラリーをドクターブレード装置により一定厚みのグリーンシートに成形する。回収したグリーンシートはプレス機で打ち抜くか、切断機により切断し、所定の大きさの矩形体に成形する。グリーンシートは駆動部、バッファ部およびダミー部に共通である。

【0025】次いで、例えば銀/パラジウム=7/3の比率からなる銀およびパラジウムのペースト（以下、Ag/Pdペーストという）により、成形後のグリーンシートの一方の表面にパターンをスクリーン印刷成形する。図3（a）、（b）にパターン印刷後のグリーンシートの一例を示す。なお説明の都合上、実質的に同一部分には同一の符号を付す。

【0026】圧電層となるグリーンシート11の表面には、上記Ag/Pdペーストにより、略全面にこれよりもやや小さなパターン21（22）を形成し、内部電極層21（22）とする。グリーンシート11の表面の対向辺の一方の側には、内部電極層21（22）の非形成部119が設けてある。つまり、グリーンシート11の対向辺の一方の端部（圧電体素子1の側面101あるいは102に相当する部分）には、内部電極層21（22）が到達せず、対向する他方の端部には内部電極層21（22）が到達するようにこれを配置した。尚、内部電極材料としては、本例の他に、銅、ニッケル、白金、銀等、あるいはこれらの混合物を用いてもよい。

【0027】このような内部電極層21（22）を形成したグリーンシート11は、駆動部111、バッファ部112変位量の要求仕様に基づいて所定の積層枚数分用意する。また、バッファ部112、ダミー部113用の内部電極層を印刷していないグリーンシート12も必要枚数準備する。

【0028】次いで、これらのグリーンシート11、12を重ねる。図3（c）は、グリーンシート11、12の積層状態を示すもので、実質的に圧電体素子1の分解図となっている。なお、同図は主として駆動部にかかる

部分を示した。内部電極層21（22）を形成したグリーンシート11を重ねる場合には、電極の非形成部119が図中左側と右側に交互に位置するように重ねる。これにより、グリーンシート11の図中右側の側面101に達して露出する内部電極層21が一方の極の内部電極となり、図中左側の側面102に達して露出している内部電極層22が他方の極の内部電極となる。

【0029】そして、中央の駆動部111においては、図3（c）に示すごとく上記内部電極層21（22）を形成したグリーンシート11のみを用いて積層し、バッファ部112においてグリーンシート11の間に内部電極層を形成していないグリーンシート12を介在させて積層し、ダミー部113においては内部電極層を形成していないグリーンシート12のみを用いて積層する。これにより、図1、図2に示す構造の積層体となる。

【0030】次いで、温水ラバープレス等による熱圧着後、電気炉により400～700℃のもとで脱脂し、900～1200℃のもとで焼成する。次いで、上記積層体の側面に上記Agペーストを塗布、焼き付けることにより側面電極31、32を形成する。なお、本例は焼きつけ銀より側面電極を構成したが、例えばAg/Pdペーストを焼きつけて形成することもできる。本例の他に、銅、ニッケル、白金、銀/パラジウム等を用いてもよい。

【0031】図1中右側の側面電極31は、一方の極の内部電極層21が露出している位置に形成し、各内部電極層21の導通をとる。同図中左側の他方の側面電極32は、他方の極の内部電極層22が露出している位置に形成し、各内部電極層22の導通をとる。

【0032】その後、上記外部電極4を各側面電極31、32上端部分に高温半田を用いて接合した。なお、外部電極4の接合方法は、半田付けの他に、ろう付け、固定バンド等による方法で行うことも可能である。さらに、外部電極4と側面電極31、32とを上記のように部分的に接合してもよいし、全面的に接合してももちろんよい。

【0033】この外部電極4は、上記のごとく、SUS304よりなる箔材の表裏面にNiメッキよりなる下地材を形成し、さらにその上に厚み約5μmの半光沢銀メッキを施したものである。その後、上記積層体に外部電極4から側面電極31、32を介して内部電極層21、22間に直流電圧を印加して圧電層11を分極し、圧電体素子1を得る。

【0034】なお、上記ダミー部113は、上記のごとく駆動部111に用いた圧電層11と同じ材質のグリーンシート（圧電層）12を用いることにより、製造材料の種類が増えないようにして製造コストの低減を図った。そして、圧電体素子1の伸縮方向に略平行な側面101、102の全体に、厚さ0.005mm以上の絶縁皮膜を形成した（図示略）。本例では、上記絶縁皮膜と

して、シリコン系樹脂を用いた。

【0035】次に、上記構成の圧電体素子1を駆動源として用いることができるインジェクタの一例について簡単に説明する。インジェクタ5は、図4に示すごとく、コモンレール燃料噴射システムにおいて、コモンレールに蓄圧された高圧燃料をエンジンの各気筒に噴射するために用いられる。同図において、バルブハウジング551は、下端部にシリンダ552を設けてノズルニードル56を摺動自在に収納している。ノズルニードル56は、その先端部がバルブハウジング551先端部の噴孔553に当接してこれを閉鎖している。

【0036】シリンダ552の上端部には、ノズルニードル56に閉弁方向の圧力を与える制御室57が形成しており、該制御室57内の油圧が増減するのに伴ってノズルニードル56がシリンダ552内を上下動するようにしてある。また、制御室57内にはノズルニードル56を閉弁方向に付勢するスプリング554が配設されている。ノズルニードル56は、下半部をやや小径としてシリンダ552との間に環状空間を形成し、この環状空間を高圧通路555に連通する燃料溜まり556となしている。

【0037】バルブハウジング551の中間部内には、制御室57内の圧力を増減する3方弁54が設けられている。3方弁54は、上端部に低圧ポートとしてのドレーンポート543を、下端部に高圧ポート544を有する弁室542と、弁室542内に配設されてドレーンポート543または高圧ポート544を開閉するボール状の弁体541を有している。ドレーンポート543は低圧通路たるドレーン通路557を介して図示しないシステムの低圧部に連通し、高圧ポート544は高圧通路555を介して外部の高圧燃料源（コモンレール）に連通している。

【0038】弁体541は、バルブハウジング551の上端部内に收容されるピエゾアクチュエータ58によって駆動される。ピエゾアクチュエータ58は電圧の印加により伸縮する上述の圧電体素子1と、その下端面に当接してシリンダ584内を摺動するピエゾピストン582を備え、ピエゾピストン582の下端中央部から下方に延びるロッド583が、高圧ポート544内を通過して弁体541に当接している。そして、圧電体素子1の伸縮に伴ってピエゾピストン582が上下動すると、これと一体のロッド583が上下動し、これに伴い、弁体541が、ドレーンポート543に至るテーパ状のシート面543aまたは高圧ポート544に至るテーパ状のシート面544aに当接して、これらポート543、544を選択的に閉鎖する。

【0039】なお、ピエゾピストン582下方のシリンダ584内には、皿バネ585が配設されて、ピエゾピストン582を介して圧電体素子1を上方（収縮方向）に付勢している。また、圧電体素子1の上端面には、電

圧印加用のリード線586が接続されている。これが上記2つの外部電極4に電気的に接続されている。

【0040】制御室57の上端面と弁室542の側部の間には、メインオリフィス561が設けられ、このメインオリフィス561によって、制御室57は弁室542と常時連通している。すなわち、制御室57は、弁体541のシート位置に応じて、ドレーン通路557または高圧通路555に選択的に導通し、ノズルニードル56に作用する油圧を増減する。

【0041】一方、制御室57は、側面に開口するサブオリフィス562によって、高圧通路555と常時連通しており、高圧通路555から継続的に高圧燃料を導入するようにしてある。本例では、このサブオリフィス562の作用で、ノズルニードル56に加わる制御室57の油圧の降下速度を小さくし、上昇速度を大きくすることができる。好ましくは、サブオリフィス562の径をメインオリフィス561の径と同程度ないしそれ以下に設定するのがよい。

【0042】上記構成のインジェクタ5の作動を簡単に説明する。図5に示す状態では、3方弁54の弁体541が上方のシート面543aに当接してドレーンポート543を閉鎖し、高圧ポート544を開放している。制御室57は、メインオリフィス561およびサブオリフィス562を介して高圧通路555と導通しており、ノズルニードル56は、制御室57内の油圧力とスプリング554の付勢力を受けて、噴孔553を閉鎖している。

【0043】この状態から、ノズルニードル56を開弁させる時には、ピエゾアクチュエータ58の圧電体素子1にリード線586を介して電圧を印加し、圧電体素子1を皿バネ585のバネ力に抗して伸長させる。すると、ピエゾピストン582のロッド583が、ドレーンポート543に至る上方のシート面543aに当接していた弁体541を押し下げてドレーンポート543を開放し、次いで、弁体541を下方のシート面544aに当接させて高圧ポート544を閉鎖する。これにより、制御室57が低圧通路557に導通し、メインオリフィス561および弁室542を経て燃料が流出することにより、制御室57の油圧が降下する。

【0044】次に、ノズルニードル56を閉弁させる時には、ピエゾアクチュエータ58の圧電体素子1に印加する電圧を低下させる。これに伴い、圧電体素子1が収縮して、ピエゾピストン582が皿バネ585のバネ力によって上昇し、弁体541が高圧ポート544の上向きの油圧力が作用する。そして、弁体541が下方のシート面544aから離れて高圧ポート544を開放し、さらに、上方のシート面543aに当接してドレーンポート543を閉鎖する。これにより、制御室57が弁室542を介して高圧通路555に導通し、メインオリフィス561を経て流入する高圧燃料により、制御室57

内の油圧が上昇する。

【0045】制御室57がサブオリフィス562を介して高圧通路555と常に導通しているため、制御室57には、メインオリフィス561とサブオリフィス562の両方から高圧燃料が流入することになる。従って、制御室57の油圧が急上昇し、制御室57の油圧力とスプリング554の付勢力の総和が燃料溜まり556の油圧力を上回るとノズルニードル56が急降下する。これにより、ノズルニードル56を速やかに閉弁させて、燃料噴射を停止することができる。

【0046】本例の作用につき説明する。本例においては、上記外部電極4が芯材40と金属被覆42とよりなると共に、これらの電気的比抵抗が上記特定の値にある。即ち、上記のごとく、芯材40の電気的比抵抗値は、 $7.2 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ であって $5 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ よりも大幅に大きい比抵抗値を有している。そのため、芯材40だけの構成の外部電極を用いた場合には、通電時の消費エネルギーが非常に大きくなってしまふ。

【0047】一方、金属被覆42は、その電気的比抵抗が $1.6 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ であり、十分な電気伝導性を有している。そのため、この金属被覆42を上記芯材40に被覆することによって、芯材40の電気的伝導性を補うので、外部電極4全体の電気的伝導性が大幅に向上する。そのため、外部電極4の電気抵抗によって消費されるエネルギーを低減させることができ、圧電体素子1全体の消費エネルギーを抑えることができる。

【0048】本例では、上記インジェクタ5を用いて上記作用を定量的に測定した。即ち、上記圧電体素子1の他に、金属被覆42を有さず芯材40だけで構成した外部電極を用いた比較用の圧電体素子を準備した。そして、圧電体素子1及び比較用の圧電素子を順次上記インジェクタ5に搭載し、同条件でインジェクタ5を作動させ、1回の燃料噴射に使用した、外部電極部での消費エネルギーを測定・算出した。

【0049】その結果、比較のもの、即ち外部電極がSUS304だけよりなり、電気的比抵抗が $7.2 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ の場合には、消費エネルギーが7.2mJであった。一方、本例の圧電体素子1、即ち外部電極がSUS304の表面に、 $1.6 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ の銀メッキよりなる金属被覆を有する場合には、消費エネルギーが0.6mJとなった。実に、 $1/10$ 以下に消費エネルギーが低減された。

【0050】この結果から知られるように、インジェクタ5に本例の圧電体素子1を用いれば、圧電体素子を制御する制御回路の負担が小さくなり、回路構成も小さくすることができる。その結果、上記圧電体素子1を用いたインジェクタ5は、消費エネルギーを小さく抑え、かつ、高速応答性に優れた実用可能なインジェクタとなる。

【0051】さらに、本例においては、上記芯材40としてSUS304を用いているので、その引張強さが500MPa以上であると共にある程度のばね性を有している。そのため、圧電体素子1の伸縮に追従する際の耐久性を向上させることができる。さらに、本例では、上記のごとく芯材40と金属被覆42との間に、これらの密着性を向上させるための下地材を介在させている。これにより、上記芯材と上記金属被覆の密着力を向上させることができ、より一層圧電体素子1の耐久性を向上させることができる。

【0052】実施形態例2

本例は、図5、図6に示すごとく、実施形態例1における外部電極4の構成及びその配設方法を変更した例である。その他の構造は実施形態例1と同様である。本例の外部電極4は、同図に示すごとく、芯材40の片面、即ち側面電極31、32側に位置する面のみに金属被覆42を施したものをを用いた。

【0053】芯材40としては、幅2mm、厚さ0.05mmのベリリウム銅箔を用いた。そして、芯材40の片面に直接、金属被覆42としての銀メッキを施した。この金属被覆42も実施形態例1と同じ半光沢銀メッキである。

【0054】そして、本例では、上記外部電極4を銀を含有する導電性接着剤35を用いて接合した。即ち、上記側面電極31、32の上に上記導電性接着剤35を塗布し、これを介して上記外部電極4を接合した。導電性接着剤35としては、Ag80%、エポキシ系樹脂20%よりなる樹脂銀を用いた。

【0055】この場合には、上記導電性接着剤35に外部電極4上に形成された銀メッキが接合するので、側面電極31、32と芯材40又は金属被覆42との界面での経時劣化による電気抵抗(界面抵抗)の増大を抑制することができる。それ故、さらに圧電体素子1の耐久性を向上させることができる。その他は実施形態例1と同様の作用効果が得られる。尚、本例では、導電性接着剤を用い、側面電極に外部電極を接合する例について記載したが、側面電極を導電性接着剤で形成し、外部電極を接続してもよい。

【0056】実施形態例3

本例は、図7に示すごとく、実施形態例2における導電性接着剤35の配設状態を変更した例である。即ち、同図に示すごとく、圧電層11の伸縮方向において部分的に導電性接着剤35を配設し、これに外部電極4を接合した。その他は実施形態例2と同様である。この場合には、圧電体素子1の伸縮により導電性接着剤35に付与される応力を緩和することができ、導電性接着剤35の亀裂等を抑制することができる。

【0057】実施形態例4

本例は、図8に示すごとく、外部電極4として線材を用いた圧電体素子1について説明する。即ち、同図に示す

ごとく、本例では、外部電極4として、線径がφ0.3 mmの材質SUS304よりなる芯材の表面全体に、実施形態例1、2と同じ銀メッキよりなる金属被覆42を施したものをを用いた。その他は実施形態例2と同様である。この場合には、外部電極4の占める面積を小さくすることができる、よりコンパクトな圧電体素子を得ることができる。

【0058】実施形態例5

本例は、図9に示すごとく、上記外部電極4として波状の線材を用いた例である。即ち、実施形態例4と同様の構成の線材を波状にした外部電極4を用い、これを導電性接着剤35上において左右方向に波形が位置するように配置して接合した。その他は実施形態例4と同様である。この場合、外部電極4に対して、形状面から柔軟性を持たせることができる。このため、圧電体素子1の伸縮に対して、外部電極4が容易に伸縮するため、発生する応力が緩和され、亀裂の発生等をさらに抑制できる。

【0059】実施形態例6

本例は、図10に示すごとく、スリット49付きの外部電極4を採用した例である。即ち、実施形態例2と同様の芯材40と金属被覆42よりなる板状の外部電極4の左右において、交互にスリット49を設けた。そして、これを導電性接着剤35により側面電極31、32上に接合した。その他は実施形態例2と同様である。

【0060】この場合には、スリット49を設けることにより外部電極4に形状面から柔軟性を持たせることができる。これにより、圧電体素子1の伸長時の応力を緩和することができる、亀裂の発生等を抑制することができる。

【0061】実施形態例7

本例は、図11に示すごとく、断面波形の板状の外部電極4を採用した例である。即ち、実施形態例2と同様の芯材40と金属被覆42よりなる板状の外部電極4を、山部47と谷部48を交互に設けた波状に成形して用いた。そして、これを導電性接着剤35により側面電極31、32上に接合した。また、外部電極4と側面電極31、32との間においては、導電性接着剤35を隙間なく充填している。また導電性接着剤35の配設幅は、外部電極4の幅と略等しくした。その他は実施形態例2と同様である。

【0062】この場合にも、外部電極4に形状面から柔軟性を持たせることができ、圧電体素子1の伸長時の応力を緩和することができるため、亀裂の発生等を抑制することができる。また、導電性接着剤35を隙間なく充填することで、外部電極4と側面電極31、32との接合を確実にできる。

【0063】なお、図12に示すごとく、外部電極4の山部47において、圧電体素子の伸縮方向と直交する方向にスリット49を設けることもできる。この場合には、更に外部電極4に柔軟性を持たせることができる。

【0064】実施形態例8

本例は図13に示すごとく、斜めに設けたスリット49付きの外部電極4を採用した例である。即ち、本例では、実施形態例2と同様の芯材40と金属被覆42よりなる板状の外部電極4の左右において、交互に斜めにスリット49を設けた。そして、これを上記スリットの間に位置するように斜めに配した導電性接着剤35により側面電極31、32上に接合した。その他は実施形態例2と同様である。この場合にも、上記と同様の作用効果を得ることができる。

【0065】実施形態例9

本例は図14に示すごとく、実施形態例7における波状の外部電極4において、その山部47と谷部48を斜めに配置した外部電極を用いた例である。そして、本例では、斜めの谷部48に沿って導電性接着剤35を配置して外部電極4を接合した。その他は、実施形態例2と同様である。この場合にも、上記と同様の作用効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例1における、圧電体素子の構成を示す断面説明図。

【図2】実施形態例1における、圧電体素子の積層体の斜視図。

【図3】実施形態例1における、(a)、(b)一枚の圧電層と内部電極層の平面図、(c)圧電層と内部電極層との積層状態を示す斜視展開図。

【図4】実施形態例1における、インジェクタの断面説明図。

【図5】実施形態例2における、圧電体素子の構成を示す断面説明図。

【図6】実施形態例2における、圧電体素子の斜視図。

【図7】実施形態例3における、圧電体素子の斜視図。

【図8】実施形態例4における、圧電体素子の斜視図。

【図9】実施形態例5における、圧電体素子の斜視図。

【図10】実施形態例6における、圧電体素子の斜視図。

【図11】実施形態例7における、圧電体素子の斜視図。

【図12】実施形態例7における、別例の圧電体素子の斜視図。

【図13】実施形態例8における、圧電体素子の斜視図。

【図14】実施形態例9における、圧電体素子の斜視図。

【符号の説明】

- 1... 圧電体素子、
- 11... 圧電層、
- 21, 22... 内部電極層、
- 31... 側面電極、
- 32... 第2側面電極層、

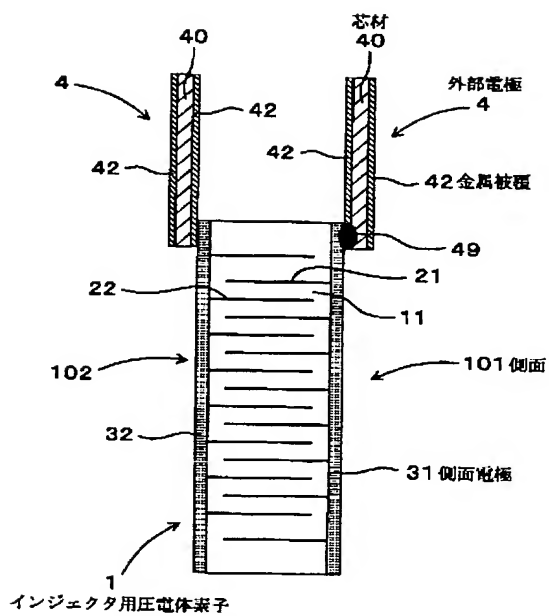
41... 接合部材,

43... 金属部材,

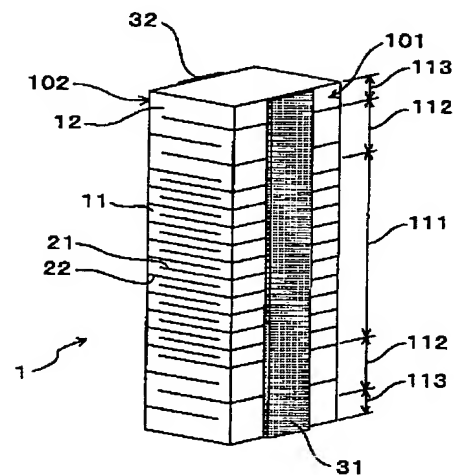
【図1】

【図2】

(図1)



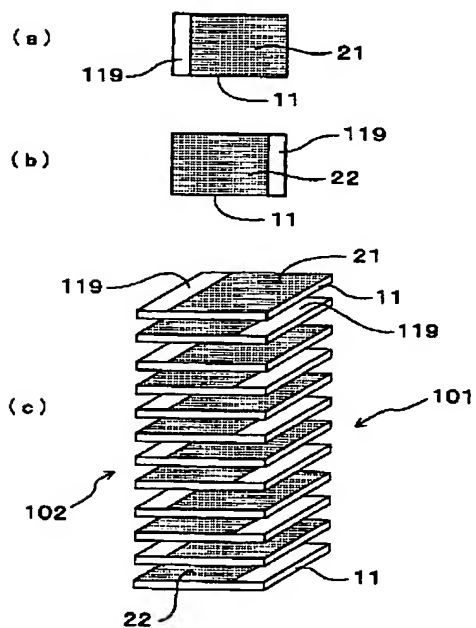
(図2)



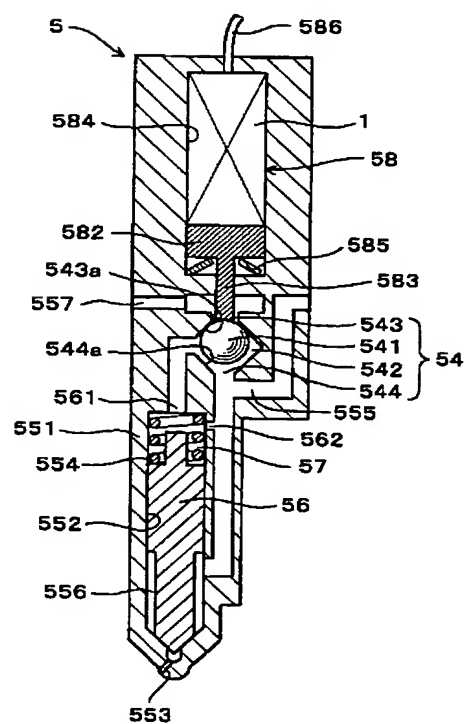
【図3】

【図4】

(図3)

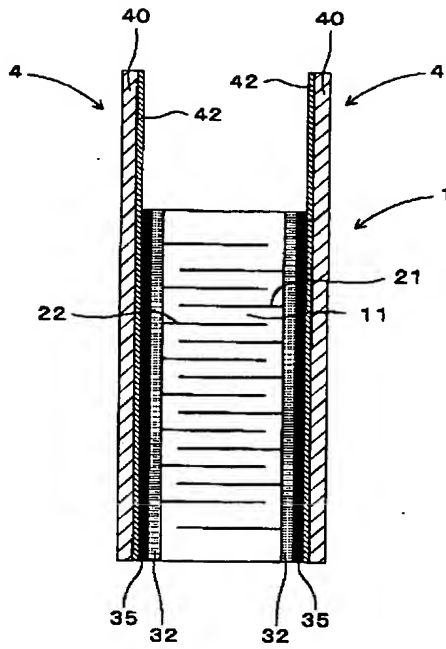


(図4)



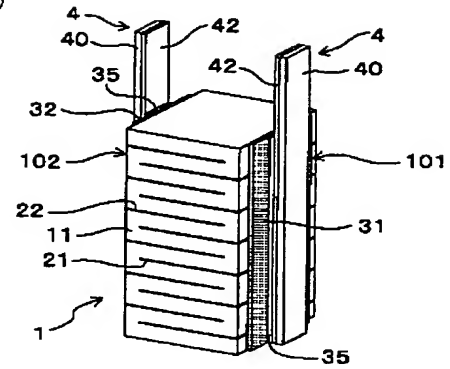
【図5】

(図5)



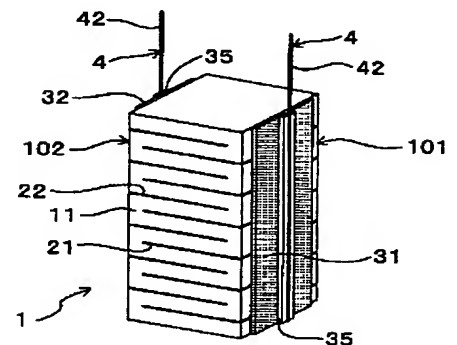
【図6】

(図6)



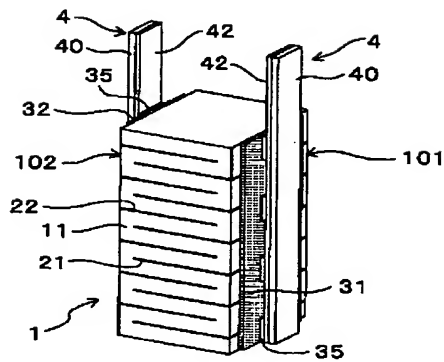
【図8】

(図8)



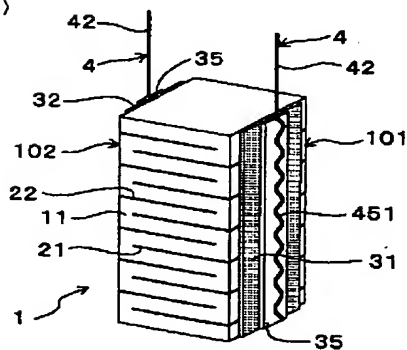
【図7】

(図7)



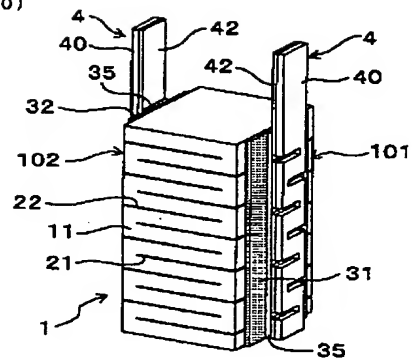
【図9】

(図9)



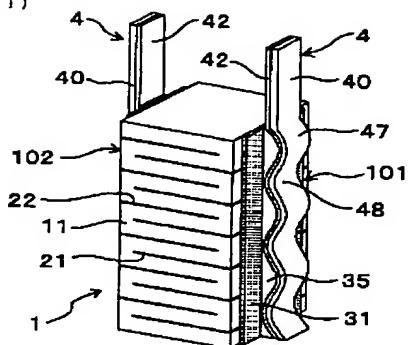
【図10】

(図10)



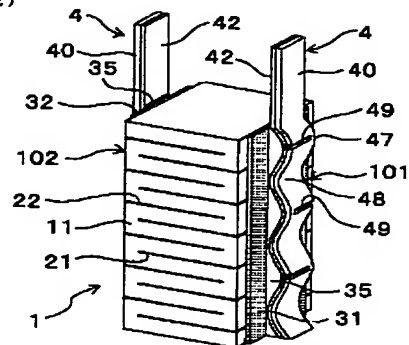
【図11】

(図11)



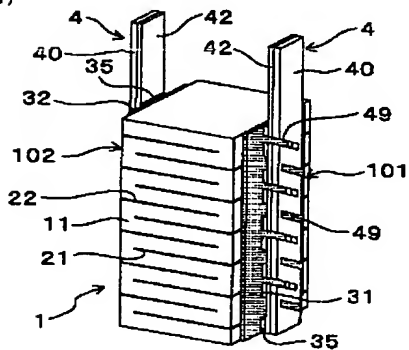
【図12】

(図12)



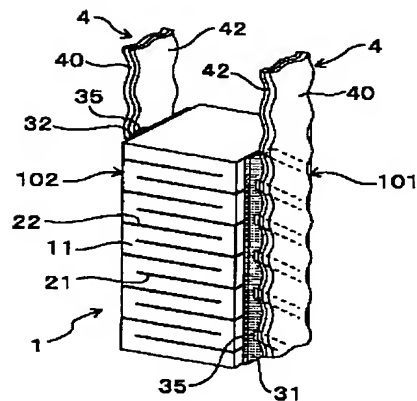
【図13】

(図13)



【図14】

(図14)



DOCKET NO: S3-02P 14928
SERIAL NO: PCT/DE03/02730
APPLICANT: Willibald Schürz et al.
LERNER AND LERNER P.A.
P.O. BOX 2480
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022
TEL. (954) 925-1100